CAMBIOS DIURNOS DE VARIABLES FÍSICAS Y QUÍMICAS EN LA ZONA DE RITRAL DEL RÍO MEDELLÍN, COLOMBIA

ADRIANA P. URREGO

JOHN J. RAMÍREZ-R.

Departamento de Biología, Universidad de Antioquia. Apartado 1226, Medellín, Colombia.
jjram@matematicas.udea.edu.co

Resumen

Se estudiaron las variaciones nictemerales de temperatura del aire y del agua, conductividad eléctrica, pH, oxígeno disuelto y porcentaje de saturación de oxígeno en tres períodos de la época húmeda, en una estación de muestreo del tramo alto del río Medellín. Para ello se realizaron muestreos a intervalos de tres horas, iniciando a las 12:00 horas. Se estimó la media nictemeral de la temperatura por el método del punto medio diario. La magnitud de los cambios entre horas y períodos para cada variable se describió mediante el coeficiente de variación relativa de Pearson. La pluviosidad mostró ser 24 veces más variable que la temperatura del aire. La variación diaria de la temperatura del aire fue seis a ocho veces mayor que la anual. Entre períodos la temperatura del agua presentó diferencias altamente significativas, y entre horas la variación fue pequeña, pero significativa. La conductividad fue similar entre horas, pero diferente entre períodos. El oxígeno mostró diferencias significativas entre horas y períodos. No se detectaron diferencias significativas de pH ni entre horas ni entre períodos. La pluviosidad influenció negativamente las variaciones de la temperatura del agua y las de la conductividad. El porcentaje de saturación mostró un sistema de carácter autotrófico, condición oligotrófica y predominio de aportes alóctonos de material orgánico.

Palabras claves: limnología fluvial, potamología, reología, variación nictemeral

Abstract

We studied the nictemeral variations of air and water temperatures, electric conductivity, pH, dissolved oxygen and percentages of oxygen saturation during three periods of the wet season at one sampling point in the ritral zone of the Medellín river, Colombia. Sampling was performed every three hours beginning at 12:00 h. Mean water temperature was estimated by the mean daily point method. The magnitude of changes among sampling hours and periods for each variable was described by means of Pearson´s coefficient of relative variation. Pluviosity was 24 times more variable than air temperature. Daily variation of air temperature was six to eight times greater than annual variation. Water temperature was significantly different among periods; among sampling hours, variation was small but significant. Electric conductivity was similar among sampling hours but different among sampling periods. Dissolved oxygen was different among sampling hours and among sampling periods. No significant differences in pH were found among sampling hours or periods. Pluviosity had a negative influence on the variation of water temperature and electric conductivity. Relative saturation of dissolved oxygen showed an autotrophic system with oligotrophic conditions and allocthonous sources of organic material.

Key words: fluvial limnology, nictemeral variation, potamology, rheology.

Introducción

Los estudios limnológicos sobre ecosistemas lóticos en Colombia se han enfocado principalmente en los ríos que atraviesan ciudades con problemas graves de contaminación como Bogotá, Medellín y Cali. Sobre el río Medellín se cuentan, entre otros, con los estudios de Roldán et al. (1973), Matthias & Moreno (1983), Empresas Públicas de Medellín (Anónimo 1982, 1990), Gil (1984), Morales (1984) e Inderena & Mi Río (Anónimo 1996). Otros ríos y quebradas de esta región fueron estudiados por Pérez & Roldán (1978), Machado & Roldán (1981), Ramírez (1981), Escobar (1989) y Castrillón (1995). En su mayoría estos estudios se han enfocado principalmente hacia el impacto ambiental y evaluación de la calidad del agua.

Respecto a la variación nictemeral en este tipo de ecosistemas y en la zona de ritral en particular, en Colombia no existe ningún trabajo publicado. En otros países suramericanos existen unas pocas investigaciones como las de Camargo et al. (1995) en ríos pequeños de la región estuarina de Cananeia (Brasil) y Necchi et al. (1996) en un río de segundo orden (Córrego da Barra Funda) en São Jose do Rio Preto (Brasil).

Se pretende en esta investigación establecer la magnitud de las variaciones nictemerales de temperatura del aire, temperatura del agua, conductividad eléctrica, pH, oxígeno disuelto y porcentaje de saturación en tres períodos de la época húmeda, en una estación de muestreo del tramo alto del río Medellín.

Materiales y métodos

Descripción del área. El estudio se realizó en la Reserva Ecológica del Alto de San Miguel localizada en la Cordillera Central de los Andes, a 6° 03´ Norte, 75° 37´ Oeste, y 1900-2750 m de elevación, al SE del municipio de Caldas, en el Departamento de Antioquia. La reserva comprende 710 hectáreas y pertenece a la zona de vida bosque muy húmedo montano bajo (bmh-MB, Espinal 1992), con temperatura promedio anual que varía de 15.0 a 18.0° C y precipitación anual entre 2000-3500 mm (Anónimo 1982). La zona de la reserva está ubicada dentro del grupo Ayurá-Montebello, compuesto por rocas metasedimentarias pertenecientes al Paleozoico o al Precámbrico. Presenta relieves fuertemente ondulados y muy escarpados en las vertientes y cabeceras. Los suelos se han desarrollado a partir de depósitos de cenizas volcánicas, profundos a moderadamente profundos (Anónimo 1979). Son utilizados para ganadería, pequeños cultivos de papa, hortalizas y frutales y algunas áreas están reforestadas con cipreses, pinos y eucaliptos. Además de zonas de pastoreo y rastrojo, también hay pequeños bosques secundarios en proceso de tala (Anónimo 1996).

La estación de muestreo se localizó en el punto donde confluyen las aguas del río Medellín y de sus afluentes en el área de la reserva. Esta localizada sobre un terreno inclinado cuyo sustrato está compuesto principalmente por arena, guijarros y piedras, lo que permite la formación de resaltos hidráulicos y rápidos. La profundidad del cauce oscila entre 0.40 y 0.50 m, la velocidad de la corriente (Quiñónez com. pers.) entre 0.50 y 1.5 m/s y la descarga entre 0.2 y 0.6 m^3/s. La vegetación riparia está conformada por hierbas y arbustos que no alcanzan a sombrear la estación de muestreo.

En la cabecera (o naciente) del río Medellín sólo existe una estación pluviométrica de la cual se tomaron los valores de pluviosidad de 1996. Esta estación (de propiedad del IDEAM) está situada aproximadamente a 5 km del sitio de muestreo. A pesar de dicha distancia, el comportamiento de la pluviosidad (Fig. 1) se ajusta al descrito por Espinal (1992) para el área de muestreo.

MUESTREOS Y TRATAMIENTO NUMÉRICO DE LOS DATOS. Los muestreos nictemerales fueron realizados en una única estación, a intervalos de tres horas, iniciando a las 12:00 del primer día y finalizando a las 12:00 del siguiente, para un total de nueve tomas de datos en cada muestreo. Los muestreos se realizaron en tres períodos de la época de lluvias: al inicio (mayo 13-14), en su punto máximo (septiembre 29-30) y al final (diciembre 6-7). Los períodos fueron escogidos con base en registros pluviométricos de diez años, proporcionados por el IDEAM (Tabla 1). Según éstos, en la zona existen nueve meses de lluvia y tres de relativa sequía.

Para estimar la media nictemeral de la temperatura del agua se utilizó el método del punto medio diario 0.5 (T° máxima + T° mínima) (Crisp 1990). El resultado se contrastó con el valor de la temperatura media en cada nictemeral (n = 9), que fue llamada media real. Las desviaciones de las temperaturas nictemerales estimadas en cada muestreo mediante este método con respecto a la temperatura media real se obtuvieron usando la fórmula siguiente (Crisp 1990):

Desviación = T° media estimada - T° media real = 0.5 (T° máxima + T° mínima) – T°media real

Con el propósito de estimar la hora en que se presentó la media nictemeral y las medias diurna y nocturna se usó el método sugerido por Crisp (1990), consistente en observar los puntos de la curva diaria que cruzan la media nictemeral, una vez en la mañana o al comienzo de la tarde durante el período de ascenso de la temperatura (primer cruzamiento medio) y una vez hacia o después de la media noche durante el período de disminución de la temperatura (segundo cruzamiento medio).

Las variables consideradas fueron temperatura del aire, pluviosidad, temperatura del agua, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, porcentaje de saturación de oxígeno y pH. Los valores de pluviosidad y temperatura fueron suministrados por el IDEAM. La temperatura del agua, el oxígeno disuelto y el porcentaje de saturación de oxígeno

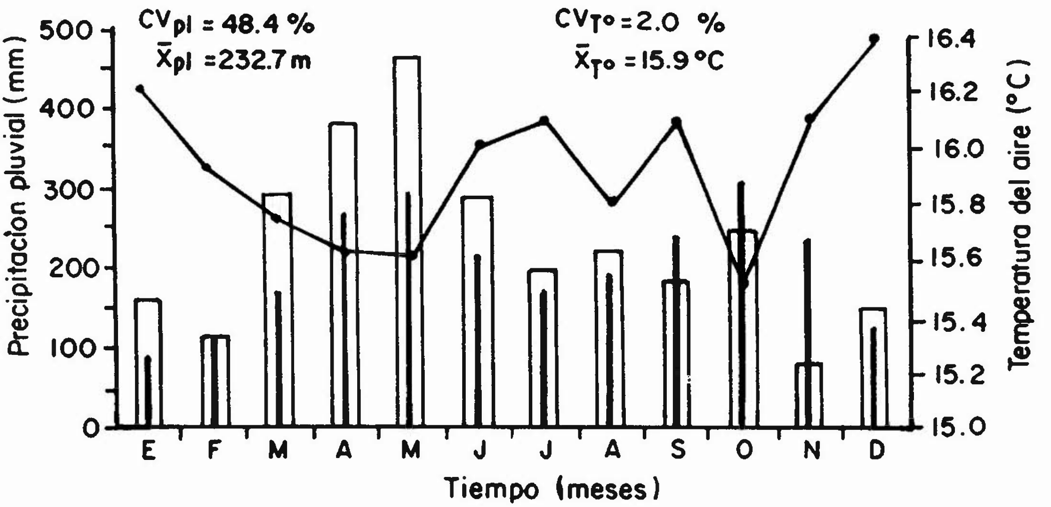

Figura 1. Variación mensual de la precipitación pluvial (☐), la temperatura del aire en 1996 (—) y los valores medios mensuales de pluviosidad de 43 años (I) en la zona de ritral del río Medellín, Colombia. $Cv_{pl.}$ y $CV_{T°}$ = coeficientes de variación relativa de Pearson para la precipitación y la temperatura del aire. X_{pl} y $X_{T°}$ = valores medios de pluviosidad y temperatura del aire.

Tabla 1. Valores medios, máximos, mínimos y de dispersión de la pluviosidad mensual en cada año del período 1985-1996 en el Alto de San Miguel, río Medellín, Colombia.

Año	Media anual (mm)	Máximo (mm)	Mínimo (mm)	CV (%)
1985	194.5	387.0- ago	59.0- feb	55.5
1986	175.0	330.0- abr	55.0- jul	46.1
1987	170.5	300.5- jul	31.0- feb	50.0
1988	239.3	480.0- ago	37.4- ene	52.3
1989	200.6	418.0- oct	70.6- feb	47.7
1990	192.7	289.0- oct	113- ene	30.0
1991	181.8	303.9- oct	77.8- feb	35.7
1992	112.5	198.3- sep	16.0- abr	55.2
1993	200.9	320.0- may	33.1- feb	41.5
1994	228.5	330.8- nov	72.8- feb	41.0
1995	243.6	463.7- oct	44.7- ene	53.4
1996	232.7	465.3- may	77.5- nov	48.4

no se midieron con un oxímetro WTW; el pH y la conductividad con un potenciómetro y un conductímetro de la misma marca.

La significancia estadística de dichas variables entre las horas y los períodos de muestreo se estableció mediante un diseño de bloques con los períodos de muestreo como variable de bloqueo. Los datos para el factor horas fueron revisados para normalidad, aleatoriedad y homogeneidad de varianzas. Cuando el análisis de varianza (ANDEVA) mostró diferencias significativas se realizó una comparación de medias a través de la prueba de Tukey. Sólo se graficaron las variaciones horarias en cada período para aquellas variables que resultaron significativas.

Para explicar la dependencia de las variables físicas y químicas analizadas respecto de la pluviosidad se efectuó análisis de regresión lineal simple y de correlación. El porcentaje de variación explicado por la pluviosidad para cada variable fue estimado a través del coeficiente de determinación (R^2 x 100). Los análisis estadísticos citados fueron realizados en el paquete Statgraphics, versión 5.0.

Resultados

La pluviosidad del año de muestreo presentó una tendencia bimodal, con incrementos fuertes en mayo y menores en octubre. Las medias mensuales de 43 años (Anónimo 1994), se ajustan en términos generales a la tendencia registrada en 1996. En este año el mes más lluvioso fue mayo con 465.3 mm y el más seco noviembre con 77.5 mm (Fig. 1). La media mensual para 1996 (232.7 mm) fue sólo 1.05 y 1.03 veces menor que los valores más altos de los últimos diez años (1995 y 1988, Tabla 1). La pluviosidad total durante 1996 fue de 2792.4 mm.

El primer muestreo (mayo 13-14) se situó en un período de disminución de lluvias, pues cuatro de los nueve días anteriores mostraron lluvias altas pero la precipitación en el día de muestreo fue baja. La pluviosidad del segundo muestreo (septiembre 29-30) fue en promedio 3.2 veces mayor que en mayo y 1.3 veces más alto que el registrado en diciembre, el cual se caracterizó por precipitaciones intermedias en los días de muestreo (Fig. 2).

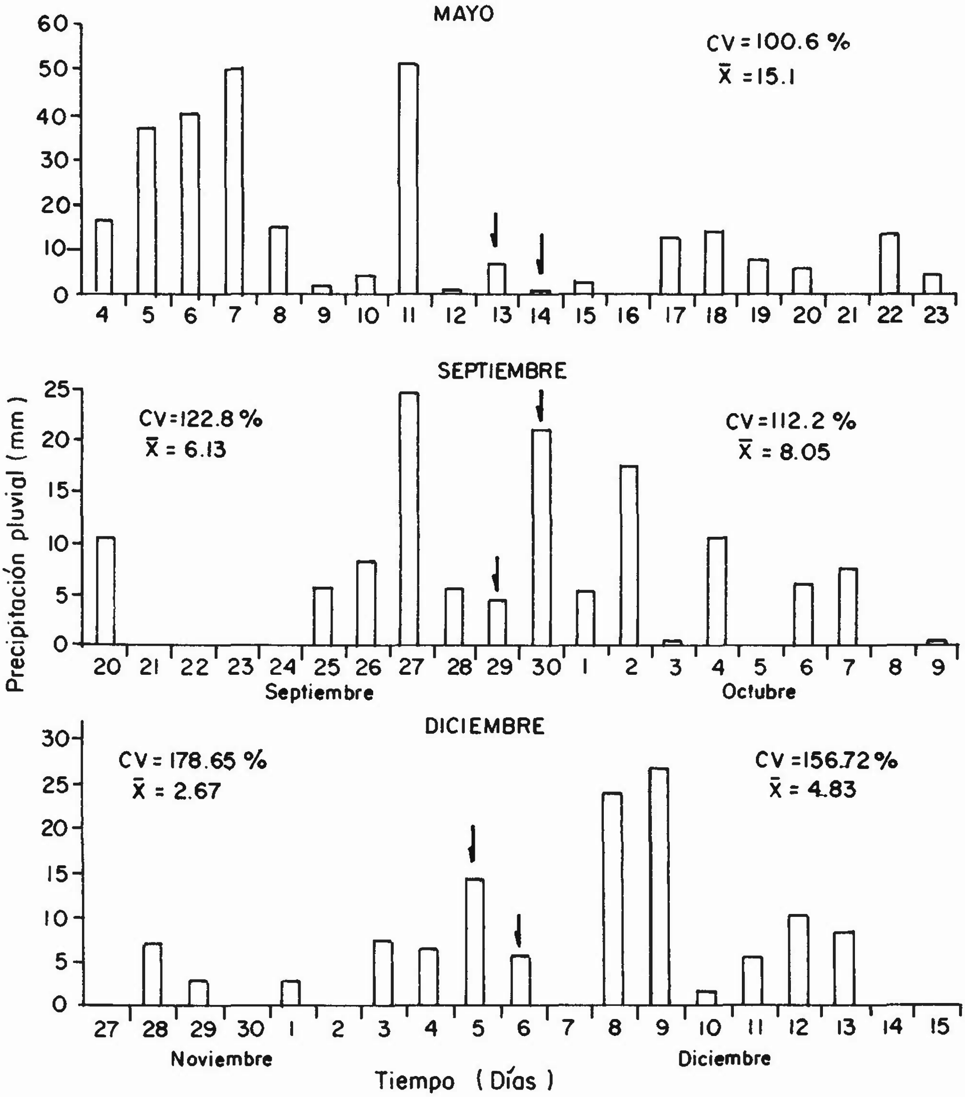

Figura 2. Valores de precipitación pluvial obtenidos nueve días antes y nueve días después del día de muestreo en cada período, en la zona de ritral del río Medellín, Colombia. CV = coeficiente de variación relativa de Pearson.

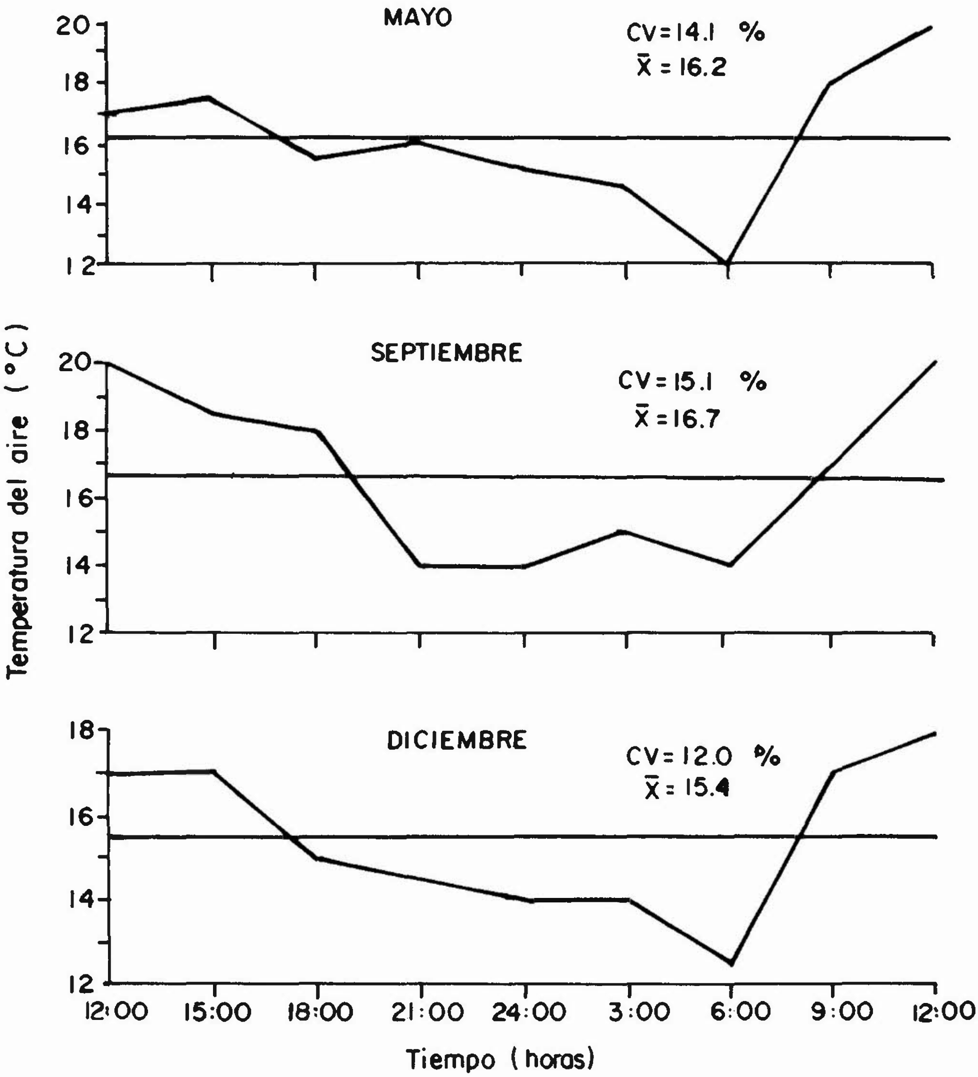

Figura 3. Variación nictemeral de la temperatura del aire en la zona de ritral del río Medellín, Colombia.

La temperatura media del aire fue 15.9 °C y su variación anual fue baja (CV = 2.0%) (Fig. 1).

La temperatura del aire disminuyó en las horas nocturnas en todos los muestreos (Fig. 3). El menor valor se encontró a las 06:00 horas como consecuencia del enfriamiento conveccional nocturno. Las medias resultantes fueron muy similares (mayo: 16.2 °C, septiembre: 16.7 °C, diciembre: 15.4 °C) y los coeficientes de variación bajos (4.7%, 4.9% y 5.7%, respectivamente) evidenciando un comportamiento homogéneo (Fig. 4).

La variación horaria de la temperatura del agua fue pequeña: la amplitud térmica diaria fue 1.8 °C en mayo y diciembre y 2.0 °C en septiembre, pero estas diferencias fueron altamente significativas ($F = 39.11, p<0.0001$). En todos los días de muestreo la curva encontrada mostró una forma sinusoidal, con incrementos hacia las 15:00 horas, el valor máximo al medio día siguiente al del comienzo del muestreo y el valor mínimo al comienzo de la mañana (06:00 horas); por ello, estas tres horas fueron significativamente diferentes ($p = 0.05$) de las demás (Fig. 5). Entre períodos, las diferencias de temperatura del agua fueron altamente significativas ($F = 46.35$, $p = 0.0000$), mostrando el valor medio de temperatura del muestreo nictemeral de diciembre (14.7 °C)

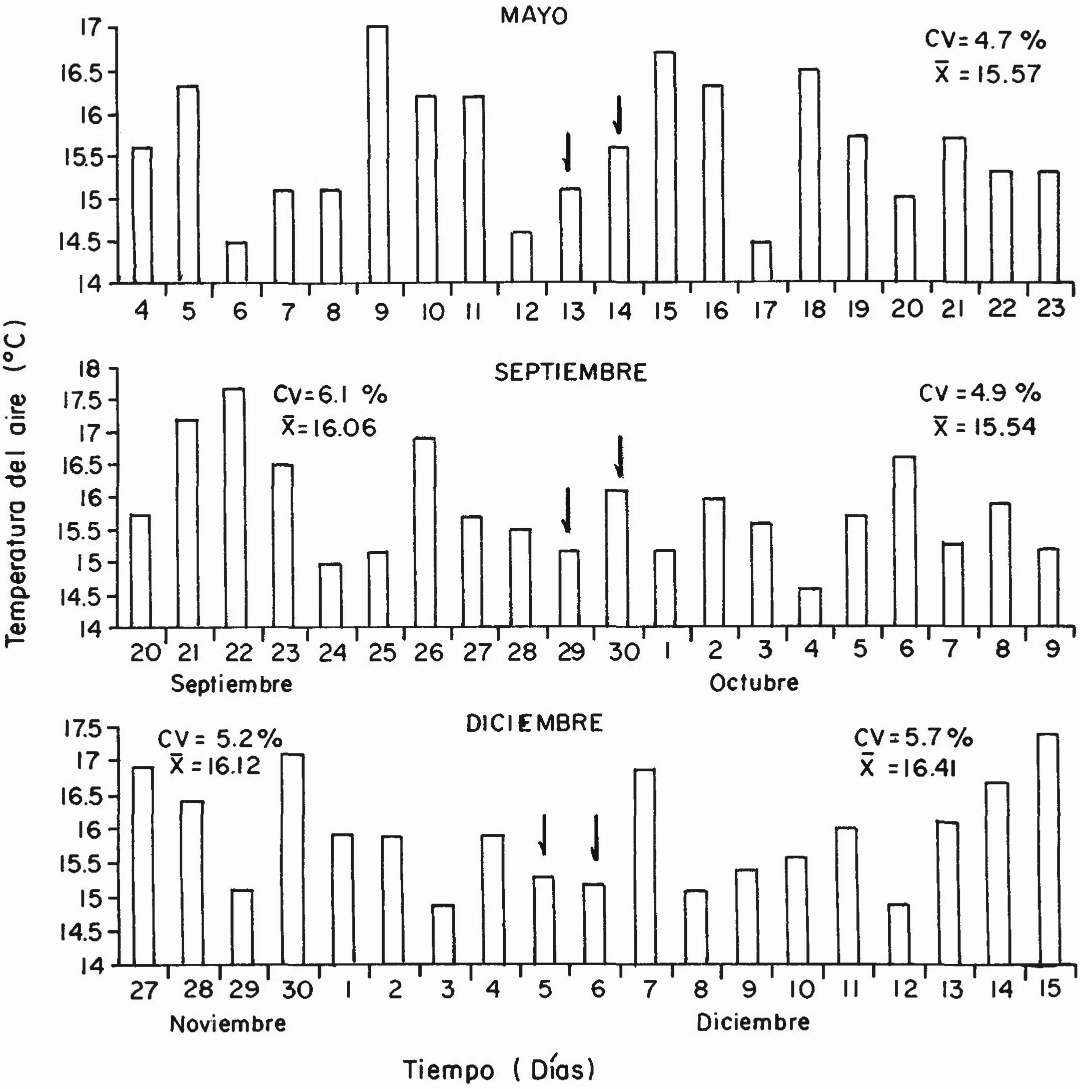

Figura 4. Valores de temperatura del aire obtenidos nueve días antes y nueve días después del día de muestreo en cada período, en la zona de ritral del río Medellín, Colombia.

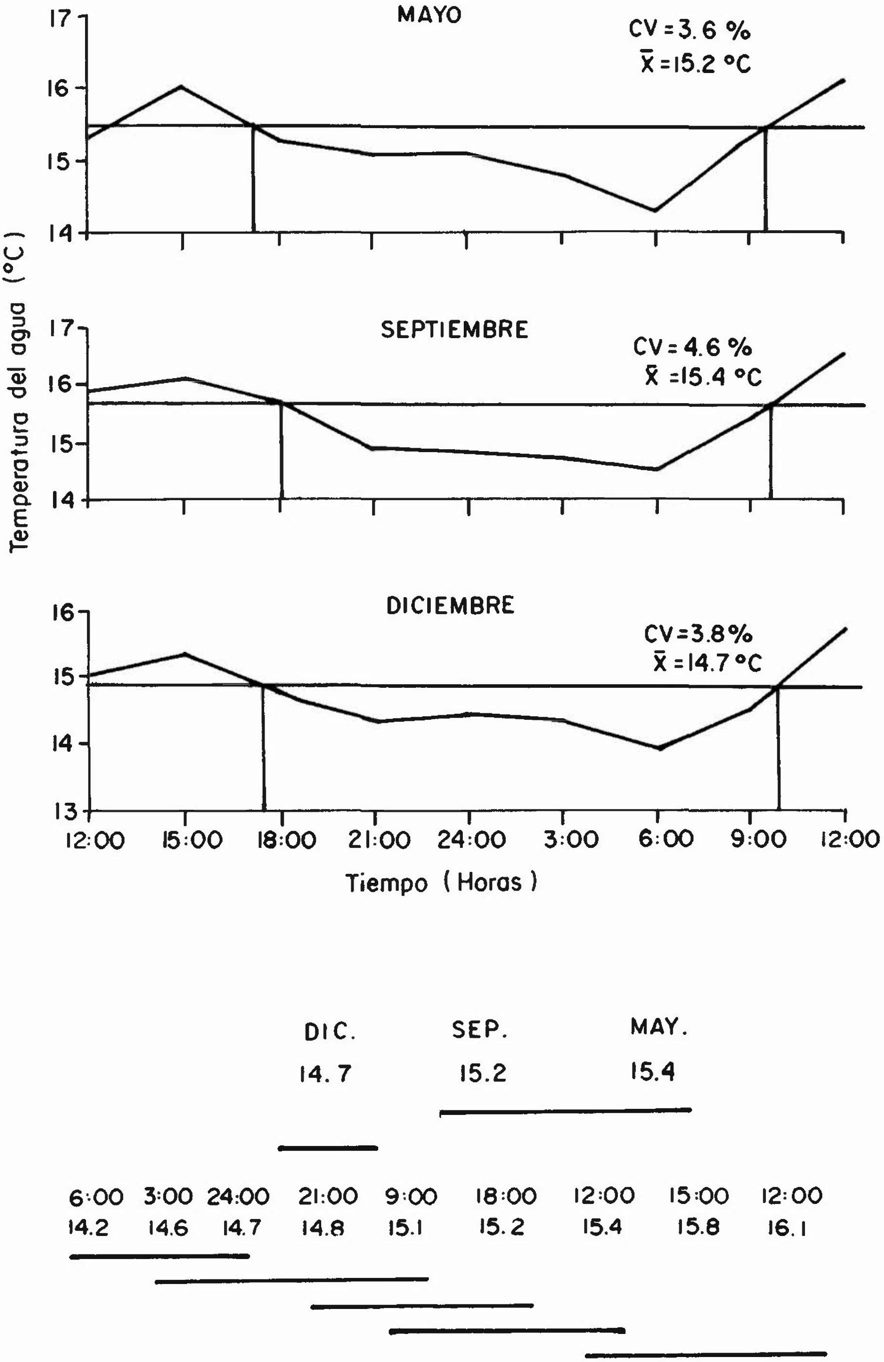

Figura 5. Variación nictemeral de la temperatura del agua en la zona de ritral del río Medellín, Colombia. Comparación de medias obtenida con la prueba de Tukey para períodos y horas de muestreo.

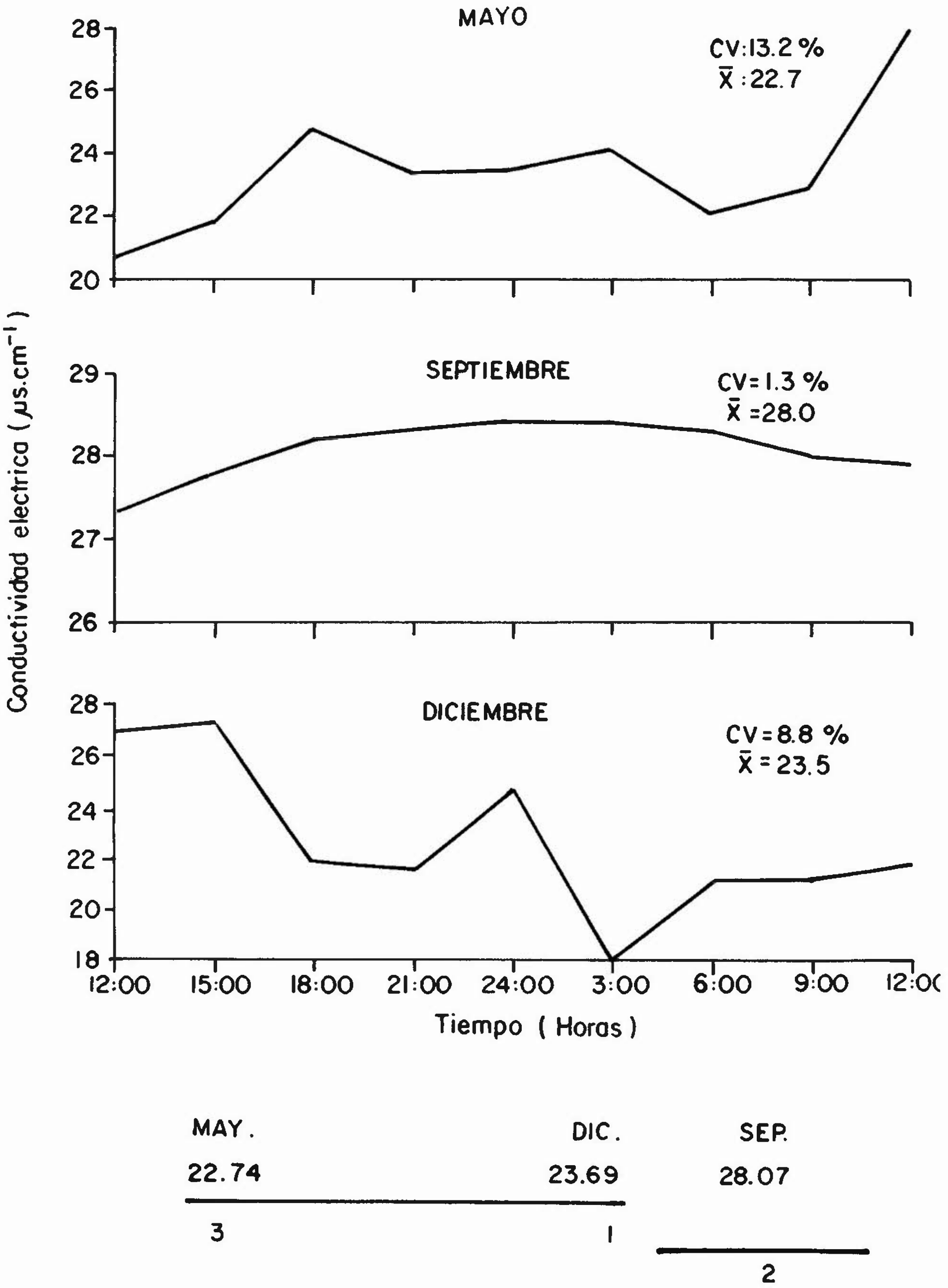

Figura 6. Variación nictemeral de la conductividad eléctrica en la zona de ritral del río Medellín, Colombia. Comparación de medias obtenida con la prueba de Tukey para los períodos.

como significativamente distinto de los otros dos (Fig. 5). Esto se debe a que este mes fue el más seco y presentó vientos fuertes y menor temperatura del aire.

La conductividad eléctrica presentó un patrón de variación mínimo entre muestreos (Fig. 6). Los coeficientes de variación hallados en cada muestreo fueron bajos, al igual que los valores de la prueba F (0.40, p = 0.9049). Sin embargo, la variación nictemeral en este parámetro varió significativamente entre muestreos (F = 12.94, p = 0.0005), siendo significativamente menores los cambios durante el muestreo de septiembre (CV = 1.3%). Las variaciones de mayo y diciembre fueron, respectivamente, 10.2 y 6.8 veces la de septiembre (Fig. 6).

Los coeficientes de variación del oxígeno disuelto también fueron bajos (Fig. 7). En general se observó una tendencia a la disminución en la concentración de oxígeno hacia las últimas horas del muestreo. El ANDEVA mostró diferencias significativas, tanto entre horas (F = 5.89, p = 0.0013) como entre períodos (F = 79.32, p = 0.0000). Las 12:00 horas en todos los muestreos fueron halladas por el test de Tukey como la única significativamente diferentes de las demás, ya que a esta hora se presentó la mayor concentración media de oxígeno (9.87 mg/l). La menor concentración de oxígeno (6.72 mg/l) y el comportamiento más uniforme se encontraron en el muestreo nictemeral de mayo (Fig. 8). En este muestreo, los niveles de saturación de oxígeno estuvieron por debajo del 100%, siendo también los menores hallados; este mes fue significativamente diferente de los otros (p = 0.05).

Al contrario de las demás variables analizadas, el pH no presentó diferencias significativas ni entre horas (F = 1.51, p = 0.2307) ni entre períodos de muestreo (F = 0.20, p = 0.8208).

Tanto la temperatura del agua (r = -0.47, p = 0.01304, n = 27) como la conductividad eléctrica (r = -0.52, p = 0.00557, n = 27) mostraron dependencia negativa de la pluviosidad. La temperatura del aire (r = -0.24, p = 0.23490, n = 27), el oxígeno (r = 0.24, p = 0.22287, n = 27) y el pH (r = 0.06, p = 0.76403, n = 27) no se mostraron asociados significativamente a los cambios de esta variable climática.

Discusión

PLUVIOSIDAD Y TEMPERATURA DEL AIRE. En las latitudes tropicales bajas, las fluctuaciones de fotoperíodo y temperatura a lo largo del año son mínimas, y las fuerzas "próximas" como la pluviosidad y los vientos son las que principalmente determinan las variaciones estacionales (Chutter 1985, Davies & Walmsley 1985, Payne 1986). El coeficiente de variación de la pluviosidad mensual durante el año de muestreo fue de 48.4%, lo cual no sale de los límites para este parámetro en los últimos años (ver Tabla 1). La razón entre los coeficientes de variación mensual de la pluviosidad y la temperatura media del aire fue de 24:1, lo cual confirma el papel fundamental de la pluviosidad en la estacionalidad del sitio de muestreo.

Los coeficientes de variación de la temperatura del aire en las fechas de muestreo fueron 7.0 veces (mayo), 7.5 veces (septiembre) y 6.0 veces (diciembre) mayores que los de la variación anual; los rangos diarios de este parámetro variaron entre 5.5° C (mayo) y 8.6° C (dic). Esto corrobora que el comportamiento nictemeral de la temperatura del aire en la zona tropical es mucho más contrastante que el anual.

TEMPERATURA DEL AGUA. Los datos de esta variable muestran, en general, una relación directa con la insolación; el punto de menor temperatura a las 06:00 horas es consecuencia del enfriamiento convectional nocturno. Aunque estadísticamente significativa, la variación horaria de la temperatura del agua en cada día de muestreo fue pequeña, como se evidencia por los bajos valores de los coeficientes de variación y por los valores de amplitud térmica diaria.

Lo anterior muestra el comportamiento relativamente uniforme de la temperatura del agua durante el muestreo nictemeral en el río Medellín. Esta débil variación es debida posiblemente a varias causas: primero, al alto calor específico del agua, que atenúa los cambios bruscos de temperatura; segundo, a las pérdidas conveccionales de calor del agua hacia la atmósfera, incrementadas cuando disminuyen las diferencias de temperatura entre ambos medios; y tercero, al bajo tiempo de exposición (por la alta velocidad de flujo) a las longitudes de onda roja e infrarroja que calientan el agua. Esta pequeña variación parece ser característica de la zona de ritral (Whitton 1975). Según Schäfer (1984) cuanto mayor es la distancia del origen, mayor será la variación en los ritmos diario y anual de temperatura, ya que el balance térmico en cualquier punto del río, es altamente influenciado por las condiciones existentes aguas arriba, sucediendo igual para todos los factores del balance de sustancias.

Las estimativas de las medias nictemerales con el método del punto medio diario mostraron valores ligeramente superiores (0.06 – 0.13° C) a las medias reales en cada muestreo, lo cual Est permite concluir que este método produce una estimativa precisa de la media real. Según Crisp (1990), las estimativas obtenidas con este método presentan desviaciones de 0.5°C del verdadero valor.

El horario del primer cruzamiento estuvo alrededor de las 09:00 horas, mientras que el del segundo se presentó entre las 18:00 y 21:00 horas, en todos los días de muestreo (Fig. 5). Estos horarios corresponden respectivamente a los de las medias diurna y nocturna de la temperatura del agua. La estimativa de la hora de la media nictemeral basada en el primer punto de cruzamiento (9:00 am) fue más precisa, lo que significa que ésta se sitúa en este horario independientemente del período muestral. Crisp (1990) argumenta que la estimativa del tiempo del segundo cruzamiento es más complicada y brinda resultados menos satisfactorios que los del tiempo del primer cruzamiento.

Conductividad eléctrica. El valor medio obtenido para la conductividad (24.8 S/cm, CV = 12.7%, n = 27) corresponde a una salinidad baja 20 mg/l), característico de un sistema oligotrófico, como es de esperar en ríos de cabecera. Según Esteves (1988), la conductividad eléctrica brinda información acerca de la magnitud de la producción primaria y de la descomposición, al igual que sobre la geoquímica de la cuenca circundante. Por ello, se considera que los valores bajos de la conductividad y de los coeficientes de variación hallados están relacionados con una baja actividad descomponedora, una productividad primaria pequeña y poco variable y una cuenca de drenaje, que por pertenecer a sedimentos precámbricos antiguos e intemperizados, es geoquímicamente pobre y con procesos de lixiviación altos.

Oxígeno disuelto y porcentaje de saturación de oxígeno. Los valores de los coeficientes de variación del oxígeno disuelto fueron bajos, lo que evidencia la uniformidad en el comportamiento de esta variable a lo largo del día. Debido al aumento de la temperatura del agua hacia las últimas horas del muestreo, se observó una tendencia a la disminución en la concentración de oxígeno. Las menores concentraciones de oxígeno encontradas durante el primer muestreo (mayo) se deben posiblemente al incremento en la turbidez del agua (percibido por un cambio de color en el río) que dificulta la penetración de luz y con ello la actividad autotrófica. También pueden reflejar la disminución de la pluviosidad durante los días de muestreo, la cual incrementa la concentración del material orgánico disuelto y particulado que a su vez demandan oxígeno para su mineralización, dismuyendo la concentración del mismo. Además, con la disminución de las lluvias se disminuye también el caudal, lo cual reduce el intercambio aire (oxígeno)-agua.

La zona de ritral se sitúa en la categoría de zona no contaminada u oligotrófica, donde la amplitud de la curva diaria de oxígeno es determinada por la predominancia de la actividad fotosintética durante el día, presentándose en la noche déficits moderados debidos a los procesos de respiración (Schäfer 1984). Consecuentemente, en dos de los tres períodos evaluados, el río Medellín se com-

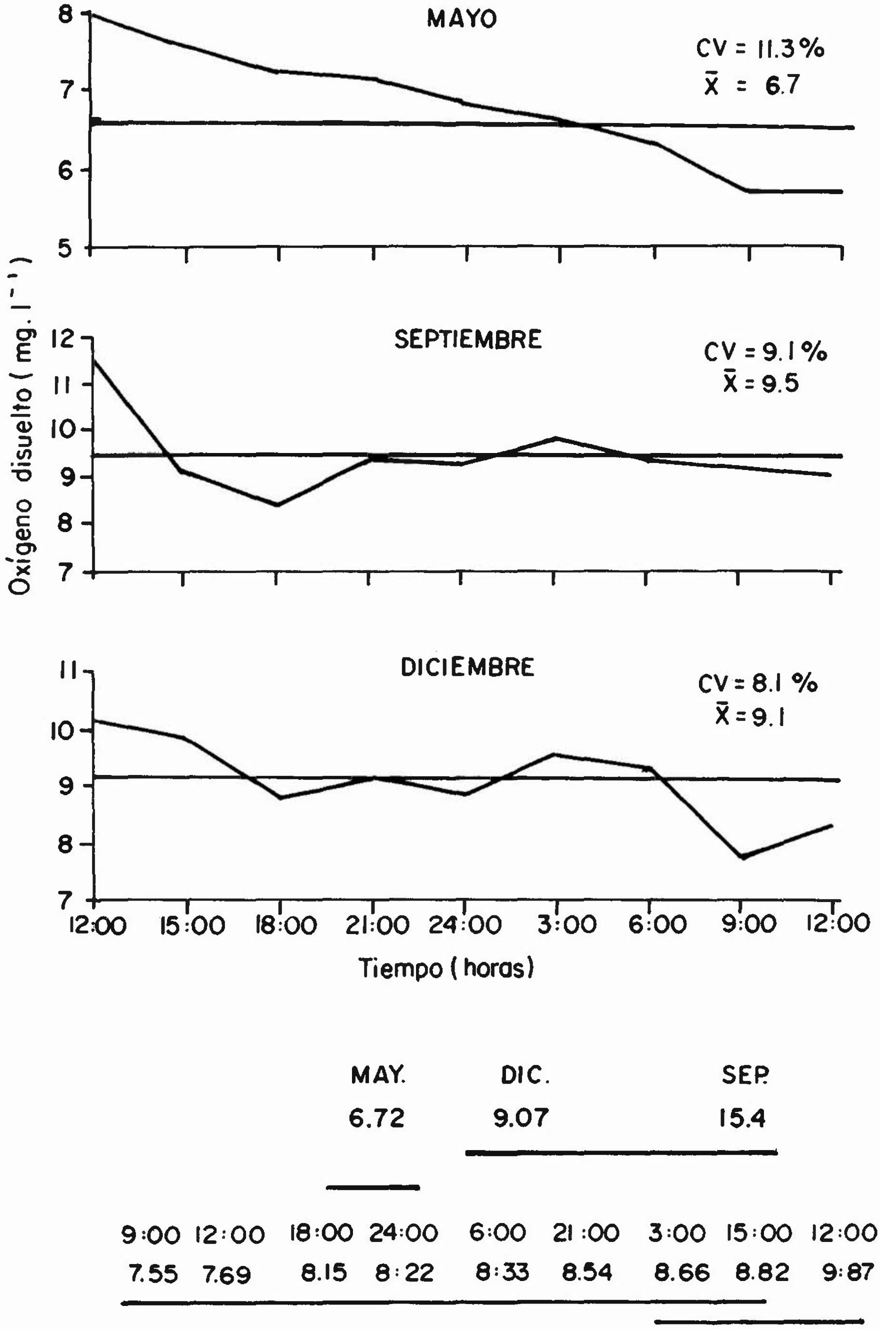

Figura 7. Variación nictemeral del oxígeno disuelto en la zona de ritral del río Medellín, Colombia. Comparación de medias obtenida con la prueba de Tukey para períodos y horas de muestreo.

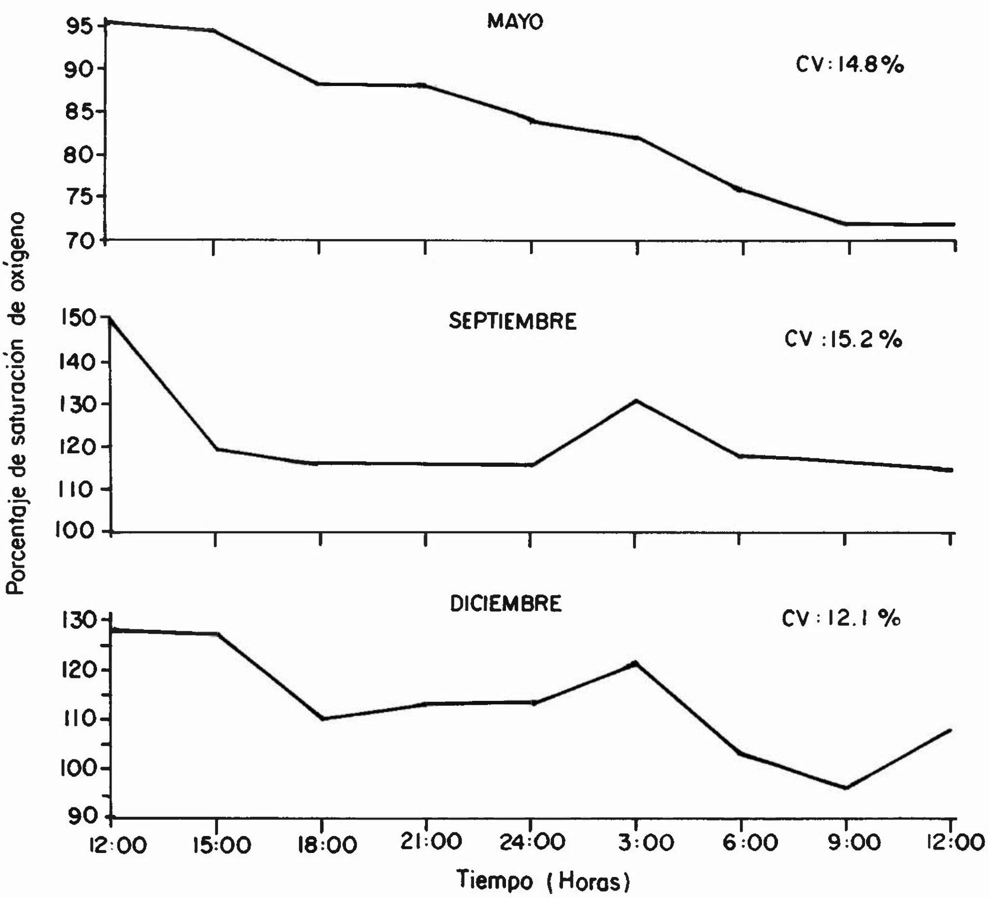

Figura 8. Variación nictemeral del porcentaje de saturación de oxígeno en la zona de ritral del río Medellín, Colombia.

portó como un sistema autotrófico con disminuciones nocturnas moderadas en la concentración de oxígeno en todos los períodos. A pesar de lo anterior, Schäfer (1984) expresa que la oligotrofia reinante en la parte alta de los ríos no debería permitir el establecimiento de condiciones apropiadas para el desarrollo de una producción primaria autóctona suficiente (autotrofia) ya que las comunidades presentes vivirían más de los pocos nutrientes provenientes de fuentes alóctonas (alotrofia). En esta zona el balance de oxígeno estaría regido principalmente por los procesos de difusión atmósfera-agua, debido a la alta velocidad del agua por la declividad presente en esta zona.

Los bajos valores de saturación de oxígeno en mayo indican que el río presentó una leve condición heterotrófica durante este muestreo. Además de los efectos de las lluvias fuertes que antecedieron al día de muestreo (ver arriba), el día se presentó nublado lo que disminuyó aún más la incidencia de la luz sobre el lecho del río. Al contrario, en los muestreos de septiembre y diciembre, los niveles de saturación superaron el 100% lo cual evidencia la tendencia autotrófica del sistema en estos meses.

PH. A pesar de no mostrar diferencias significativas ni entre períodos ni entre horas se presentó una mayor homogeneidad en la variación temporal en los períodos de muestreo de septiembre y diciembre, siendo un poco diferente el muestreo de mayo (CV = 10.8%). Esto se debió a la leve tendencia mostrada por el pH a incrementar sus valores hacia el final del período de colecta. Como las variaciones de pH están íntimamente asociadas al metabolismo de las comunidades (producción/ respiración), es de esperar que, por las condiciones del río en el área de muestreo, estas variaciones también sean pequeñas. Igual podría esperarse para el sistema CO_2 y la fotosíntesis.

Aunque la pluviosidad incidió negativamente sobre la temperatura del agua y la conductividad eléctrica, los porcentajes de variación explicados (r^2 = 22.2% para la temperatura del agua y 26.9% para la conductividad) para estas variables fueron bajos. El alto porcentaje de variación no explicado enfatiza la naturaleza n-dimensional que determina el comportamiento de una variable específica y la dificultad de "explicar" plenamente su comportamiento en investigaciones de campo.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo económico brindado por el Instituto Mi Río para la realización de la presente investigación. Igualmente agradecen el apoyo logístico del departamento de Biología de la Universidad de Antioquia y las valiosas sugerencias de E. Drago, del Instituto Nacional de Limnología (INALI) de Argentina.

Literatura citada

Anónimo. 1979. Estudios de suelos de Antioquia 1: 256-327.

Anónimo. 1982. *Monografía del Río Medellín.* Empresas Públicas de Medellín, Medellín.

Anónimo. 1990. *Análisis fisicoquímicos del Río Medellín y sus quebradas afluentes.* Empresas Públicas de Medellín, Medellín.

Anónimo. 1994. Boletín Hidrometeorológico (Medellín) 3: 82, 92.

Anónimo. 1996. *Perfil ambiental del río Medellín.* Inderena-Instituto Mi Río, Medellín.

Anónimo. 1996. *Guía ecológica y ambiental.* Instituto Mi Río, Medellín.

Camargo, A. F. M., L. .M. Bini & T. E. R. Prado. 1995. Variação nictemeral de alguns parmetros limnológicos em dois ecossistemas lóticos do litoral sul paulista. Págs. 75-85 *en*: F. A. Esteves (ed.). *Oecologia Brasiliensis: Estrutura, funciona- miento e manejo de ecossistemas brasileiros.* Volumen 1. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

Castrillón, S. A. 1995. Estudio limnológico de la quebrada el Hato, Bello, Antioquia. Trabajo de grado. Universidad de Antioquia, Medellín.

Chutter, F. M. 1985. Seasonality/aseasonality: chairman's summary. Hydrobiologia 125: 191-194.

Crisp, D. T. 1990. Simplified methods of estimating daily mean stream water temperature. Freshwater Biology 23: 457-462.

Davies, B. R. & R. D. Walmsley. 1985. Introduction: Perspectives in Southern Hemisphere Limnology. Hydrobiologia 125: 1-5.

Escobar, A. N. 1989. Estudio de las comunidades macrobénticas en el río Manzanares y sus principales afluentes y su relación con la calidad del agua. Actualidades Biológicas 18: 45-60.

Espinal, L. S. 1992. *Geografía ecológica de Antioquia. Zonas de Vida.* Universidad Nacional de Colombia, Medellín.

Esteves, F. 1988. *Fundamentos de Limnologia.* Editora Interciência/Finep, Rio de Janeiro.

Gil, V. L. H. 1984. Determinación de la cinética de la demanda bioquímica de oxígeno en las aguas del río Medellín. Revista Ainsa (Medellín) 1: 53-72.

González, A. 1988. *El plancton de las aguas continentales*. O.E.A. Monografía 33. Serie Biología, Washington, D.C.

Machado, T. & G. Roldán. 1981. Estudio de las características fisicoquímicas y biológicas del río Anorí y sus principales afluentes. Actualidades Biológicas 10: 3-19.

Mathias, U. & H. moreno. 1983. Estudio de algunos parámetros fisicoquímicos y biológicos en el Río Medellín y sus principales quebradas afluentes. Actualidades Biológicas 12: 106-117.

Morales, G. 1984. Índices de calidad de agua y el río Medellín. Revista Ainsa (Medellín) 2: 9-22.

Necchi, O., L. H. branco & C. C. Z. branco. 1996. Análise nictemeral de algumas variáveis limnológicas em um riacho do noroeste do estado de São Paulo, Brasil. Acta Limnológica Brasileira 8: 169-182

Payne, A. I. 1986. *The ecology of tropical lakes and rivers*. Wiley, Nueva York.

Pérez, G. & G. Roldán. 1978. Niveles de contaminación por detergentes y su influencia en las comunidades bénticas del río Rionegro. Actualidades Biológicas 7: 27-36.

Ramírez, J. J. 1981. Estudio limnológico de los ríos Turbo, Apartadó y Chigorodó. Revista Corpurabá (Medellín) 2: 28-75.

Roldán, G., J. Builes, C. M. Trujillo & A. Suárez. 1973. Efectos de la contaminación industrial y doméstica sobre la fauna béntica del río Medellín. Actualidades Biológicas 2: 54-64.

Schäffer, A. 1984. *Fundamentos de ecologia e biogeografia das águas continentais*. Edit. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Whitton, B. A. (ed.). 1975. *River ecology*. University of California Press, Berkeley.

Recibido el 28 de octubre de 1998
Versión final aceptada el 31 de octubre de 1999